PRODUCTION DE LITIÈRE ET APPORT AU SOL D'ÉLÉMENTS MINÉRAUX ET D'AZOTE DANS UN BOIS DE PINS D'ALEP (*PINUS HALEPENSIS MILL.*)

Maurice RAPP
Centre d'Etudes Phytosociologiques et Ecologiques. Section d'Eco-Pédologie
Montpellier 34 - France

RÉSUMÉ

On a étudié la production de litière et l'apport au sol d'éléments minéraux, pendant deux ans, dans un bois de pins d'Alep de 65 ans d'âge du Sud de la France.

La litière se situe autour de 4 T/Ha/an. Elle est essentiellement constituée par les aiguilles.

Elle assure au sol un apport de 90 kg d'éléments minéraux (Na, K, Ca, Mg, P et N), dont 33 kg d'azote.

Comparés à d'autres groupements de résineux européens, ces valeurs représentent une production relativement importante.

SUMMARY

The author studies the litter production and the entry into the soil of nitrogen and ash elements in a *Pinus halepensis* Mill. forest from the french mediterranean zone.

The turnover involves 4 T/Ha/year litter, which contents 90 kg of ash elements and nitrogen. These amounts seem to be very important in *Pinus halepensis* forest, in comparison with other european coniferous stands.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen eines Studiums des Nährstoffkreislaufs bei Bäumen des französischen Mittelmeergebiets, bringt der Verfasser Angaben über die Streuproduktion und die Nährstoffrücklieferung der Aleppokiefer.

Im Durschnitt fallen 4 Tonnen Streu pro Jahr und pro Hektar zu Boden, welche 57 Kilo Mineralstoffe und 33 Kilo Stickstoff enthalten.

ŒCOL. PLANT.
GAUTHIER-VILLARS
Vol. 2, p. 325-338, 1967.

INTRODUCTION

L'écosystème forêt est caractérisé par un équilibre entre ses trois constituants essentiels : la végétation, le sol et le milieu extérieur. Mais sous cette stabilité apparente se dissimulent des échanges permanents d'énergie et de substances organiques et minérales, qui constituent le métabolisme de l'ensemble (OVINGTON, 1962). La retombée de litière et l'apport au sol des éléments biogènes qu'elle renferme est l'étape la plus facile à saisir de ce cycle minéral et organique, et permet donc d'en faire une première approche.

Si le réapprovisionnement du sol en éléments minéraux est le résultat le plus apparent, il faut ajouter que dans le domaine biologique la litière représente la source énergétique essentielle des micro-organismes et d'une partie de la faune du sol. Par les constituants organiques qu'elle renferme et qu'elle libère lors de sa décomposition, elle est aussi un facteur important de la pédogénèse.

Une note antérieure (RAPP, LOSSAINT, 1966), nous a déjà permis de citer les principaux travaux ayant trait à ce sujet. On y ajoutera ceux, plus récents, de NESHATAYEV (1966), RUDNEVA (1966), BAZILEVIC et RODIN (1966), GUITTET (1967).

Dans le présent travail, nous nous sommes intéressés à l'apport de matière organique et d'éléments minéraux dans un bois de pin d'Alep. Cette essence est très répandue sur tout le pourtour méditerranéen, où elle s'accomode aux conditions écologiques et édaphiques les plus diverses. En France, elle est surtout localisée en Provence et dans la vallée du Rhône, mais tend à s'étendre de plus en plus à l'ouest de ce fleuve.

Bien que cette étude, qui a débuté en juin 1965, se poursuivra encore, nous relatons ici les résultats des deux premières années d'observation.

LA STATION

1. LOCALISATION.

Elle est située à Grabels, localité de l'Hérault à 5 km au nord-ouest de Montpellier. Le bois s'étend sur le versant ouest de la vallée de la Mossig, en une bande de 250 à 300 mètres de long sur une quarantaine de large. Il est constitué par des pins plantés aux alentours de 1900, qui ont par conséquent 65 ans d'âge (fig. 1).

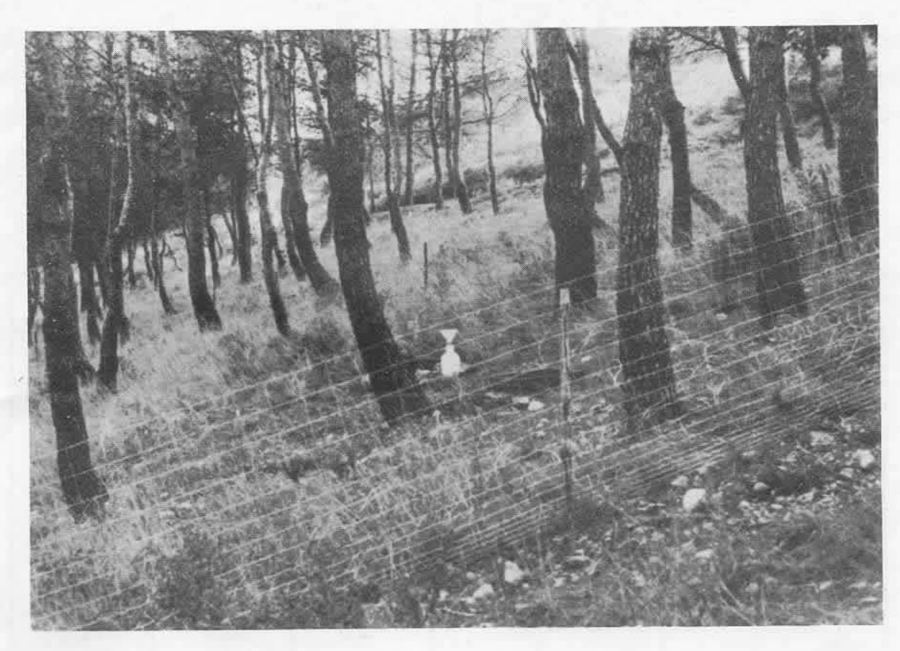


FIG. 1. — Vue de la sous-station Grabels 1.

2. DONNÉES CLIMATIQUES.

La station se trouve sous le climat général de la région de Montpellier, de type méditerranéen sub-humide selon la classification d'EMBERGER.

Q = 80 (1955-61) ;

Précipitations moyennes annuelles : 770 mm ;

Régime pluviométrique de type APHE (A = 258 mm, P = 191,3 mm, H = 181,5 mm, E = 123,2 mm).

Moyenne des maxima du mois le plus chaud : 31,4 °C,

Moyenne des minima du mois le plus froid : + 1,8 °C,

Température moyenne annuelle : 14,4 °C.

3. LE SOL.

Le substrat édaphique est un sol brun calcaire sur pédiment constitué de grèze calcaire probablement d'origine périglaciaire. Les gravillons et cailloux, plus ou moins anguleux, recouvrent 80 % de la surface. Leur diamètre qui ne dépasse pas 3 centimètres dans les horizons supérieurs, augmente avec la profondeur pour

atteindre 10 centimètres, tandis que la fraction fine (argiles, limon et sable) diminue (tableau 1). La structure est polyédrique sub-anguleuse. L'activité des vers de terre est très importante.

TABLEAU 1

Granulométrie du profil.

Résultats en % du poids total de terre séchée à 105 °C.

Horizon		A	(B)	(B)/C
Profondeur en cm		1–15	15–45	45–120
Argile	0,002	34,1	23,9	10,4
Limon	0,002 – 0,02	16,0	11,3	9,8
	0,02 – 0,05	12,1	10,1	7,4
Sable fin	0,05 – 0,2	6,5	3,8	5,7
grossier	0,2 – 2	15,5	6,9	8,5
Gravillons	2 – 5	8,0	8,9	8,4
	5 – 10	5,4	12,0	9,5
	10 – 20	2,6	20,3	12,7
Cailloux	20		1,1	26,4
Cailloux en % volume		80	60	60
Matière organique en %		3,4	1,6	1,1

Le tableau 2, résumant les résultats de l'analyse chimique, montre que la capacité d'échange diminue avec la profondeur parallèlement avec la teneur en argile et en matière organique. Le complexe absorbant est saturé (V = 300 %) en calcium, ce qui est normal vu la quantité de calcaire actif présente. Le C/N qui se situe entre 12 et 8 indique une bonne minéralisation de la matière organique.

TABLEAU 2

Propriétés chimiques du profil.

Complexe absorbant m. val. % g de terre séchée à 105 °C
Eléments totaux en pourcent de la terre séchée à 105 °C
Carbone et azote en pour-mille de la terre séchée à 105 °C

Horizon cm	Complexe absorbant						Matière organique			Calcium actif	Eléments totaux							
	C.E.	Cations échang.				V %												
		Na	K	Ca	Mg		C	N	C/N		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5
1–15	21,4	0,2	0,6	62,3	1,3	304	21,4	1,86	11,5	22,5	43,0	13,1	5,6	14,2	1,0	1,5	0,5	0,1
15–45	19,3	0,2	0,4	62,3	0,3	328	12,6	1,55	8,1	5,0	48,6	16,1	6,4	9,6	1,1	1,6	0,5	0,2
45–120	14,7	0,1	0,2	62,5	tr	427	4,9	0,61	8,0	35,0	42,9	12,9	5,3	16,3	1,0	1,3	0,3	0,2

4. Données forestières et floristiques.

Sur une superficie de 78 ares nous avons relevé 516 pieds et mesuré leur surface terrière. Le résultat, exprimé à l'hectare fournit les valeurs suivantes :

— Nombre d'arbres 660,
— Surface terrière totale .... 24,6 m²,
— Surface terrière moyenne .... 373,3 cm²,
— Hauteur des arbres .... 10 à 12 m,
— Equidistance des arbres .... 2,5 à 3 m.

La répartition des individus en classe de surface terrière est donnée sur la figure 2.

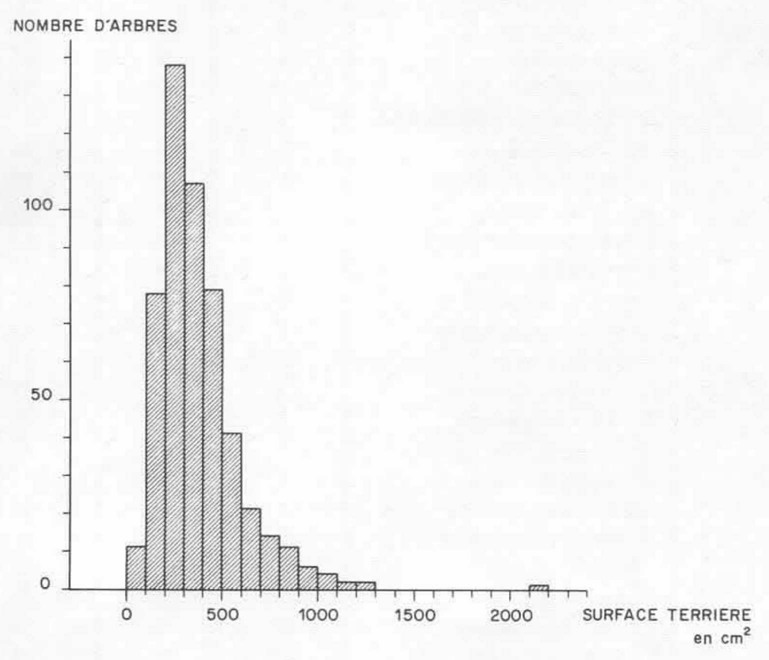


Fig. 2. — Histogramme de répartition des arbres selon leur surface terrière.

MÉTHODES D'ÉTUDE

1. Récolte des litières.

L'étude a été entreprise dans deux sous-stations, que nous appellerons par la suite Grabels 1 et Grabels 2. Dans chacune d'elles on a disposé au hasard

TABLEAU 3

Relevé phytosociologique.

Surface 100 m² — (a) de 1 à 5 — (b) P = phanérophyte, NP = nanophanérophyte, H = hémicryptophyte, G = géophyte, C = chaméphyte, T = thérophyte — (c) apparus à côté de la fosse pédologique, — (...) pieds.

Strate	Espèce	Classe abondance (a)	Recouvrement	Type biologique (b)
Arborée + 2 m	*Pinus halepensis* (6)	4	40 %	P
Arbustive	*Pinus halepensis*	4	10	NP
0,5 — 2 m	*Quercus coccifera*	2	5	NP
	Rhamnus alaternus	1	1	NP
Herbacée	*Bromus erectus*	5	80	H
— 0,5 m	*Stypa Aristella*	4	5	H
	Carex humilis	1	+	H
	Brachypodium phoenicoïdes	3	25	H
	Dactylis glomerata	2	+	H
	Arrhenatherum elatius	1	+	H
	Avena bromoïdes	1	+	H
	Limodorum abortivum	1	+	G
	Quercus ilex (5)	2	+	C
	Quercus coccifera	2	+	C
	Quercus lanuginosa (1)	1	+	C
	Pinus halepensis	2	+	C
	Euphorbia Nicaeensis	3	+	H
	Psoralea bituminosa	5	30	H
	Rubia peregrina	3	+	C
	Rhamnus saxatilis	1	+	C
	Rhamnus alqternus	2	+	C
	Asparagus acutifolius	3	1	C
	Thymus vulgaris	1	+	C
	Rubus ulmifolius	3	2	C
	Ononis minutissima	1	+	C
	Carlina corymbosa	1	+	H
	Clematis flammula	2	+	C
	Smilax aspera	2	+	C
	Phillyrea angustifolia	1	+	C
	Phillyrea media	1	+	C
	Hypericum perforatum	1	+	H
	Eryngium campestre (1)	1	+	H
Alentours	*Rosa sempervirens*			NP
	Echium vulgare			H
	Verbascum sp (c)			T
	Sonchus tenerrimus (c)			T
	Picris hieracioïdes			H
	Lavandula latifolia			C
	Brachypodium ramosum			C

huit paniers collecteurs de litière, d'une surface d'un quart de mètre carré chacun, qui ont été relevés régulièrement tous les mois. Les récoltes de chaque sous-station ont été réunies en un seul échantillon moyen.

2. Traitement des litières.

La litière a été triée au laboratoire et répartie en quatre fractions : aiguilles ou feuilles, bois, inflorescences — fruits, et une fraction appelée « divers », correspondant à des produits végétaux provenant d'autres espèces que le pin d'Alep.

Après séchage à 70 °C pendant cinq jours, les différents échantillons ont été pesés, puis broyés en vue de leur analyse minérale.

3. Analyse minérale.

Le sodium, le potassium, le calcium et le magnésium ont été déterminés par photométrie de flamme, après minéralisation préalable des échantillons broyés. Nous avons adopté la minéralisation par voie humide, nitro-perchlorique, qui donne des résultats supérieurs à la calcination.

Sur la même solution nous avons déterminé le phosphore par colorimétrie en présence de nitrovanadomolybdate d'ammonium.

L'azote a été déterminé directement sur les échantillons végétaux à l'aide de l'analyseur d'azote Coleman II.

PRODUCTION DE LITIÈRE

Le tableau 4 indique les valeurs de l'apport annuel de litière et de ses différentes fractions pour les deux sous-stations. La production mensuelle est représentée sur les figures 3.

La production moyenne annuelle est de 3,7 tonnes par hectare pour la première sous-station, de 4,5 tonnes pour la seconde. Les deux sous-stations ont la même superficie, mais Grabels 1 comporte 26 arbres, Grabels 2, 21 seulement. Les couronnes de ces derniers ont pu s'étaler davantage, ce qui peut expliquer cette différence dans la productivité.

Cette retombée de litière se situe à la limite supérieure, ou légèrement au-dessus (Grabels 2) de celle des différentes espèces de pins des pays tempérés

TABLEAU 4

Production de litière des deux sous-stations durant la période étudiée (kg/Ha/an).

F = feuilles, B = bois, Inf. Frt. = inflorescences et fruits.

Station	Année	Feuilles	Bois	Inf – Frt	Total
Grabels 1	1965–66 1966–67	2463,3 2783,9	653,4 674,6	292,8 414,6	3409,5 3873,1
Grabels 2	1965–66 1966–67	3061,6 2967,0	1169,6 972,4	416,1 392,5	4647,3 4331,9

indiqués par BRAY et GORHAM (1964) *. Mais elle est inférieure à celle des espèces de ce genre, classées par les mêmes auteurs sous la rubrique « forêts tempérées chaudes » qui produisent autour de 6 T/Ha/an de litière.

La variation de la production de litière d'une année à l'autre est de 12 % pour Grabels 1, de 7,5 % pour Grabels 2. Ceci représente pour la période étudiée des écarts très faibles, comparés à ceux constatés dans d'autres travaux.

Parmi les différentes fractions distinguées (Tabl. 5), ce sont les aiguilles qui constituent l'essentiel de la masse de litière. Selon l'année, elles représentent 65 à 72 % de la litière totale. Elles sont suivies du bois. Celui-ci a été récolté plus abondamment dans la seconde sous-station ; sa récolte varie beaucoup d'une année à l'autre, car elle est essentiellement fonction des facteurs météorologiques, tels que les vents violents ou les orages. Les fruits et les inflorescences enfin représentent de 8 à 10 % de la masse de litière totale. Par l'intermédiaire des productions diverses, 80 à 88 kg seulement de matière végétale à l'hectare retournent annuellement au sol.

TABLEAU 5

Part relative des différentes fractions dans la production de litière.

Station	Année	Feuilles	Bois	Inf – Frt
Grabels 1	1965–66 1966–67	72,2 % 71,8	19,2 % 17,4	8,6 % 10,7
Grabels 2	1965–66 1966–67	65,9 68,5	25,2 22,4	8,9 9,1

* Nous nous référons de préférence à ces auteurs, car les valeurs qu'ils indiquent concernent toujours la litière constituée par les feuilles, les rameaux, les branches, les inflorescences..., et par là sont comparables à nos résultats. Les auteurs russes fournissent des chiffres beaucoup plus élevés sous la dénomination « Opad ». Cette expression englobe à la fois la « litière » selon notre dénomination, ainsi que les arbres et les racines qui dépérissent, et les autres constituants végétaux morts de l'écosystème, notamment la strate herbacée.

FIG. 3. — Variations mensuelles des retombées de litière dans les deux sous-stations Grabels 1 (a) et Grabels 2 (b).

La chute la plus importante a lieu pendant les mois secs, de juin à septembre, où 69 % de la production totale atteint le sol. Elle est représentée essentiellement par les aiguilles (83 % de cette fraction). Le maximum absolu se situe toujours au mois de juillet avec 30 % de la litière totale et 40 % des aiguilles.

Ces aiguilles tombent légèrement avant celles du pin sylvestre, qui les perd en août et septembre (BRAY et GORHAM, 1964). Rappelons que chez les deux autres espèces à feuilles sempervirentes étudiées dans la région, le chêne vert et le chêne kermès la chute maximum se produit en mai (RAPP, LOSSAINT, 1966). Si pour ces derniers, la chute en mai peut s'expliquer par une production importante de nouvelles feuilles à la même époque, et qui persistent de deux à trois ans sur l'arbre, cette hypothèse n'est pas valable pour le pin d'Alep, essence poly-

cyclique présentant un maximum de poussée foliaire en mars et avril. Il est possible que la chute plus précoce de ses aiguilles par rapport à celles du pin sylvestre soit la conséquence de la sécheresse estivale.

Notons également, que cette litière ne commence à se décomposer activement qu'après les premières pluies d'automne et constitue par conséquent un « mulch », freinant considérablement l'évaporation de l'eau du sol pendant les mois secs.

APPORT D'ÉLÉMENTS MINÉRAUX

Les quantités d'éléments minéraux apportées au sol durant la période d'étude sont résumées sur les tableaux 6 et 7. Elles ont été obtenues en faisant l'analyse chimique des différentes récoltes mensuelles.

TABLEAU 6

Apport au sol d'éléments minéraux au cours de la période étudiée (en kg/Ha/an).

Grabels 1

Année	Litière	Na	K	Ca	Mg	P	N	Total
1965–66	F.	0,56	2,90	23,08	2,75	3,37	19,86	52,52
	B.	0,11	0,39	8,60	0,47	0,22	4,28	14,07
	Inf – Frt	0,04	0,89	1,21	0,23	0,36	2,64	5,37
	Total	0,71	4,18	32,89	3,45	3,95	26,78	71,96
1966–67	F.	0,61	3,49	26,14	3,70	3,72	19,98	57,64
	B.	0,22	0,47	10,33	0,50	0,23	5,18	16,93
	Inf – Frt	0,30	2,30	1,69	0,51	0,50	5,27	10,57
	Total	1,13	6,26	38,16	4,71	4,45	30,43	85,14

Grabels 2

Année	Litière	Na	K	Ca	Mg	P	N	Total
1965–66	F.	1,04	3,84	31,50	4,23	5,63	21,40	67,64
	B.	0,29	0,71	13,01	0,57	0,53	7,19	22,30
	Inf – Frt	0,11	0,44	1,67	0,30	0,33	4,72	7,57
	Total	1,44	4,99	46,18	5,10	6,49	33,31	97,51
1966–67	F.	0,94	3,36	32,57	4,99	3,26	32,49	77,61
	B.	0,38	0,68	12,77	0,88	0,40	8,22	23,33
	Inf – Frt	0,20	0,31	0,98	0,16	0,19	3,85	42,78
	Total	1,52	4,35	46,32	6,03	3,85	42,78	104,85

TABLEAU 7

Part respective des différents éléments dans la somme des éléments retournant au sol par les litières.

Station	Année	Na	K	Ca	Mg	P	N
Grabels 1	1965–66	1,0 %	5,8 %	45,7 %	4,8 %	5,5 %	37,2 %
	1966–67	1,3	7,3	44,8	5,5	5,2	35,7
Grabels 2	1965–66	1,5	5,1	47,3	5,2	6,6	34,2
	1966–67	1,4	4,1	44,2	5,7	3,7	40,8

Les litières contiennent en moyenne 0,8 % d'azote et 1,4 % d'éléments minéraux. Quant à l'origine de ces éléments, 71 % proviennent des feuilles, 21 % du bois et 8 % des inflorescences et fruits.

Quantitativement cela représente un apport moyen de 90 kg d'éléments minéraux dosés par hectare et par an, se composant de : 33 kg d'azote, 41 kg de calcium, 5 kg de potassium, 5 kg de magnésium, 4,5 kg de phosphore et 1 kg de sodium.

La fraction « divers » représente un apport moyen supplémentaire de 2 kg/Ha/an, se décomposant en 0,9 kg d'azote, 0,7 kg de calcium, 0,2 kg de potassium, 0,1 kg de magnésium et de phosphore et des traces de sodium.

L'étude isolée de chaque élément (Tabl. 8) permet de les réunir en trois groupes :

TABLEAU 8

Composition des différentes fractions en % des éléments minéraux totaux.

Litière	Na	K	Ca	Mg	P	N	Total
F.	1,2 %	5,3 %	44,4 %	6,1 %	6,3 %	36,7 %	100 %
B.	1,3	3,0	58,3	3,1	1,7	32,5	100
Inf – Frt	2,2	14,2	20,1	4,4	5,1	53,6	100

Le calcium et l'azote forment la plus grande partie de l'apport, le potassium, le magnésium, le phosphore constituent en fractions sensiblement égales 16 % de cet apport. Le sodium enfin est en quantité très faible.

On peut donc établir pour la totalité de la litière la succession suivante concernant l'importance de chaque élément dans le cycle biogéochimique :

$$Ca > N > K — Mg — P > Na$$

Mais cette succession n'est pas uniforme dans les trois fractions :

feuilles	Ca — N > K > P > Mg > Na
bois	Ca > N > K > Mg > P > Na
inf. fr.	N > Ca > K > P — Mg > Na

Si le calcium et l'azote sont toujours les mieux représentés, leurs proportions respectives varient d'une fraction à l'autre.

Enfin si on analyse l'importance de chaque élément selon la fraction de litière on a :

Ca	Bois > Feuilles > Inf. Fr.
N	Inf. Fr. > Feuilles > Bois
K	Inf. Fr. > Feuilles > Bois
Mg	Feuilles > Inf. Fr. > Bois
P	Feuilles > Inf. Fr. > Bois

Les feuilles sont la fraction la plus riche en magnésium, constituant de la chlorophylle, et en phosphore. Les inflorescences sont très riches en potassium et en azote. Cela est certainement dû à la faible teneur en calcium de ces organes à vie très courte, où il y a une lignification très réduite, ce qui entraîne corrélativement l'augmentation de la concentration des autres éléments. Le bois enfin présente la plus forte teneur en calcium.

Nous avons aussi constaté une variation importante de la composition chimique de la litière d'un mois à l'autre. Ainsi la teneur en potassium a varié de 0,1 à 0,4 % de la matière sèche, celle du calcium de 0,6 à 1,2 et celle de l'azote de 0,5 à 1,6 %. De telles variations ont été signalées par GRUNERT (1964), qui a mis en évidence un certain cycle annuel dans la composition minérale des litières. Pendant les deux années d'observation, nous avons retrouvé ce fait, surtout pour le calcium, le potassium et le phosphore. Les aiguilles sont les plus riches en potassium et en phosphore de janvier à mars, en calcium de juin à août. Par contre le magnésium ne varie que peu, et la teneur en azote subit des fluctuations souvent mensuelles, qui ne se reproduisent pas d'une année à l'autre. Il faut chercher l'origine de ces faits dans le métabolisme de l'arbre ainsi que dans les interférences externes.

Ainsi, un vent violent peut arracher des petits rameaux, encore couverts d'aiguilles vivantes, qui changent la composition moyenne de l'échantillon de litière récolté durant cette période.

Nous pouvons aussi comparer la composition chimique de nos litières (fraction aiguilles) à celle d'aiguilles de pins d'Alep analysées par LAATSCH (1967) en Espagne. On constate que la teneur globale de ces éléments est assez voisine. Par contre il y a de grandes différences dans les proportions des éléments entre eux. LAATSCH indique la succession : N > K > Ca > Mg > P.

Pour expliquer ces différences il faut prendre en considération le fait que dans un cas on s'adresse à du matériel vivant, dans l'autre à des aiguilles mortes. On doit admettre qu'une bonne partie de l'azote quitte les aiguilles avant leur chute pour retourner dans le tronc. On sait aussi que lorsque les feuilles jaunissent, le lessivage du potassium est beaucoup plus important qu'en période de pleine feuillaison (DENAYER DE SMET, 1966). Il est donc possible que cet élément arrive au sol, par l'intermédiaire des eaux de pluie, bien avant la retombée des aiguilles. Le calcium par contre est bien fixé par le tissu foliaire, et en est moins facilement lessivé. En outre, sa présence en forte quantité dans le sol de la station a pu donner lieu à une consommation de luxe de cet élément.

CONCLUSIONS

1. Des observations de deux ans montrent qu'un bois de pins d'Alep, d'une soixantaine d'années d'âge, produit dans la région méditerranéenne française 4,1 ± 0,4 tonnes de litière par hectare et par an.
2. Celle-ci est composée de 70 % d'aiguilles, de 20 % de bois (écorce, rameaux) et de 10 % d'inflorescences et de cônes. Elle tombe essentiellement entre juin et septembre, avec un maximum en juillet (30 % du poids annuel).
3. Comme le chêne vert (RAPP, LOSSAINT, 1966), le pin d'Alep produit dans le Sud de la France une quantité de litière qui est légèrement supérieure à celle des forêts des pays tempérés mais très loin de celle des peuplements tropicaux et équatoriaux.
4. Par son intermédiaire, le sol bénéficie d'un apport annuel d'environ 90 kg d'éléments minéraux, dont 33 kg d'azote, 41 de calcium, 5 de potassium-magnésium-phosphore et 1 de sodium.
5. 85 % du phosphore, 80 % du magnésium, 70 % du potassium, du calcium et de l'azote sont apportés au sol par l'intermédiaire des aiguilles.
6. La teneur en éléments minéraux des feuilles qui tombent au sol varie durant l'année. Ceci est surtout évident pour le calcium, le potassium et le phosphore.

Remerciements.

Nous tenons à remercier M. M. TRABAUD qui a fait le relevé floristique de la station, Mme A. MERLE et Mlle F. JÉGOU qui ont largement contribué à l'analyse chimique des litières.

BIBLIOGRAPHIE

1. BAZILEVIC (N. I.), RODIN (L. E.), 1966. — The biological cycle of nitrogen and ash elements in plant communities of the tropical and sub-tropical zones. *Forestry Abstracts*, **27**, n° 3, 357-368.
2. BRAY (J. R.), GORHAM (E.), 1964. — Litter production in forests of the world. *Adv. Ecol. Research*, **2**, 101-157.
3. DENAYER DE SMET (S.), 1966. — Bilan annuel des apports d'éléments minéraux par les eaux de précipitation sous couvert forestier dans la forêt mélangée caducifoliée de Blaimont (Virelles-Chimay). *B. Soc. Roy. Bot. Belgique*, **99**, 345-375.
4. GRUNERT (F.), 1964. — Der biologische Stoffkreislauf in Kiefern-Buchen-Mischbeständen und Kiefernbeständen. *C. R. 8° C. Int. S. Sol*, **III**, 811-822.
5. GUITTET (J.), 1967. — Composition et évolution de la litière de pins sylvestres en peuplements ouverts sur pelouse xérophile. *Oecol. Plant.*, **2**, n° 1, 43-62.
6. LAATSCH (W.), 1967. — Beziehungen zwischen Standort, Ernährungszustand und Wuchsleistung von Kiefernaufforstungen im Mittelmeergebiet. *Forstw. Centralblatt*, **2C 2895 F**, 69-81.
7. OVINGTON (J. D.), 1962. — Quantitative Ecology and the woodland ecosystem concept. *Adv. Ecol. Research*, **1**, 103-192.
8. NESHATAYEV (Yu. N.), RASTVOROVA (O. G.), SCHASTANAYA (L. S.), TERESHENKOVA (I. A.), TSYPLENKOV (V. P.), 1966. — Entry into the soil of ash elements and nitrogen with leaf fall from trees and grasses in the main types of oak stands in the « Forest on the Vorskla ». *Soviet S. Sc.*, **12**, 1372-1379.
9. RAPP (M.), LOSSAINT (P.), 1966. — Apports au sol de substances organiques et d'éléments minéraux par la litière dans une futaie de *Quercus ilex* et une garrigue de *Quercus coccifera* dans le sud de la France. *C. R. Conf. Pédol. Méditerranéenne, Madrid* (sous presse).
10. REMEZOV (N. P.), RODIN (L. E.), BAZILEVIC (N. I.), 1963. — Indications sur la méthode d'étude du cycle biologique des éléments minéraux et de l'azote des communautés végétales des principales zones tempérées (en russe). *Bot. Zh.*, **48**, n° 6, 869-877.
11. RUDNEVA (Ye. N.), TONKONOGOV (V. D.), DOROKHOVA (K. Ya), 1966. — Ash elements and nitrogen cycle in the green-moss spruce stands of the northern Taiga in the basin of the Mezen'river. *Soviet. S. Sc.*, **3**, 254-265.